

?s pn=jp 2001264627
S1 1 PN=JP 2001264627
?t 1/5

1/5/1
DIALOG(R)File 347:JAPIO
(c) 2003 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

07036993 **Image available**
REAR PROJECTION OPTICAL SYSTEM

PUB. NO.: 2001-264627 AJ
PUBLISHED: September 26, 2001 (20010926)
INVENTOR(s): KONNO KENJI
OSAWA SATOSHI
ISHIHARA ATSUSHI
APPLICANT(s): MINOLTA CO LTD
APPL. NO.: 2000-081771 [JP 200081771]
FILED: March 17, 2000 (20000317)
INTL CLASS: G02B-013/16; G02B-013/18

ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a rear projection optical system made compact and thin though it has excellent optical performance.

SOLUTION: In this rear projection optical system projecting a picture on a panel display surface (I1) onto a screen surface (I2), a projecting optical system equipped with a positive-power image formation optical system (PT) including plural lenses and a negative-power curved surface mirror (M2) as a member having optical power has positive power as a whole. When a light beam passing through the center of a diaphragm from the center of the picture plane of the surface (I1) and reaching the center of the picture plane of the surface (I2) is set as a picture plane center light beam, the optical system satisfies conditional expressions: $20(\theta; 65, 0.5(dL/Fx(2.5, 0.5(dL/Fy(2.5$ {#1: the incident angle(θ) of the picture plane center light beam to the surface (I2), dL: the diagonal length of the picture plane of the surface (I1), and Fx and Fy: the focal distances of the projection optical system in directions (x) and (y)}).

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-264627

(P2001-264627A)

(43) 公開日 平成13年9月26日 (2001.9.26)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 B 13/16

13/18

識別記号

F I

G 0 2 B 13/16

13/18

テーマコード* (参考)

2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2000-81771 (P2000-81771)

(22) 出願日 平成12年3月17日 (2000.3.17)

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 金野 賢治

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 大澤 聡

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(74) 代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫 (外1名)

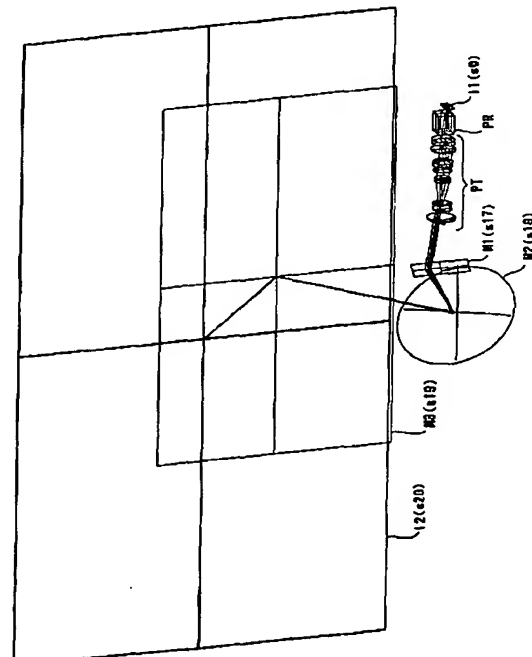
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リアプロジェクション光学系

(57) 【要約】

【課題】 良好な光学性能を有しながらコンパクトで薄型のリアプロジェクション光学系を提供する。

【解決手段】 パネル表示面(I1)の画像をスクリーン面(I2)上に投影するリアプロジェクション光学系であって、光学的なパワーを有する部材として、複数のレンズを含む正パワーの結像光学系(PT)と負パワーの曲面ミラー(M2)とを備えた投影光学系が全体で正のパワーを有する。パネル表示面(I1)の画面中心から絞りの中心を通りスクリーン面(I2)の画面中心に到達する光線を画面中心光線とすると、条件式： $20 < \theta < 65$, $0.5 < dL/Fx < 2.5$, $0.5 < dL/Fy < 2.5$ { θ :スクリーン面(I2)に対する画面中心光線の入射角度(°)、 dL :パネル表示面(I1)の画面対角線長さ、 Fx, Fy :投影光学系のx,y方向の焦点距離}を満たす。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 パネル表示面の画像をスクリーン面上に投影するリアプロジェクション光学系であって、光学的なパワーを有する部材として、前記パネル表示面から前記スクリーン面への光路順に、少なくとも1つの透過型光学素子を含むとともに正のパワーを有する結像光学系と、負のパワーを有する曲面ミラーと、を含み、かつ、全体で正のパワーを有する投影光学系を備え、前記パネル表示面の画面中心から絞りの中心を通り前記スクリーン面の画面中心に到達する光線を画面中心光線とすると、以下の条件式(1)～(3)を満足することを特徴とするリアプロジェクション光学系；

$$20 < \theta < 65 \quad \cdots (1)$$

$$0.5 < dL/Fx < 2.5 \quad \cdots (2)$$

$$0.5 < dL/Fy < 2.5 \quad \cdots (3)$$

ただし、

θ ：スクリーン面に対する画面中心光線の入射角度(°)、

dL ：パネル表示面の画面对角線の長さ、

Fx ：投影光学系のx方向の焦点距離、

Fy ：投影光学系のy方向の焦点距離、

$$Fx = \Delta / \sin \theta x$$

$$Fy = \Delta / \sin \theta y$$

であり、ここで、投影光学系の第1面に入射する画面中心光線の進む方向をz軸の方向とし、投影光学系の第1面に入射する画面中心光線と入射法線とで決定される平面(すなわち入射面)に垂直な方向をx軸の方向とし、z軸及びx軸に直交する方向をy軸の方向とするローカルな左手系の直交座標系(x,y,z)において、投影光学系に画面中心光線からx軸、y軸の方向にそれぞれ微小量 Δ だけ平行シフトした光線を入射させ、その光線が投影光学系の最終面から射出されるときに画面中心光線と成す角度を θx 、 θy とする。

【請求項2】 さらに以下の条件式(4)及び(5)を満足することを特徴とする請求項1記載のリアプロジェクション光学系；

$$1.0 < fpx/Fx < 5.5 \quad \cdots (4)$$

$$1.0 < fpy/Fy < 5.5 \quad \cdots (5)$$

ただし、

fpx ：結像光学系のx方向の焦点距離、

fpy ：結像光学系のy方向の焦点距離、

$$fpx = \Delta / \sin \theta px$$

$$fpy = \Delta / \sin \theta py$$

であり、ここで、結像光学系の第1面に入射する画面中心光線の進む方向をz軸の方向とし、結像光学系の第1面に入射する画面中心光線と入射法線とで決定される平面(すなわち入射面)に垂直な方向をx軸の方向とし、z軸及びx軸に直交する方向をy軸の方向とするローカルな左手系の直交座標系(x,y,z)において、結像光学系に画面中心光線からx軸、y軸の方向にそれぞれ微小量 Δ だけ平

行シフトした光線を入射させ、その光線が結像光学系の最終面から射出されるときに画面中心光線と成す角度を θpx 、 θpy とする。

【請求項3】 さらに以下の条件式(6)及び(7)を満足することを特徴とする請求項1記載のリアプロジェクション光学系；

$$-1.5 < fpx/fnx < -0.03 \quad \cdots (6)$$

$$-1.5 < fpy/fny < -0.03 \quad \cdots (7)$$

ただし、

fpx ：結像光学系のx方向の焦点距離、

fpy ：結像光学系のy方向の焦点距離、

fnx ：曲面ミラーのx方向の焦点距離、

fny ：曲面ミラーのy方向の焦点距離、

$$fpx = \Delta / \sin \theta px$$

$$fpy = \Delta / \sin \theta py$$

$$fnx = \Delta / \sin \theta nx$$

$$fny = \Delta / \sin \theta ny$$

であり、ここで、結像光学系の第1面に入射する画面中心光線の進む方向をz軸の方向とし、結像光学系の第1面に入射する画面中心光線と入射法線とで決定される平面(すなわち入射面)に垂直な方向をx軸の方向とし、z軸及びx軸に直交する方向をy軸の方向とするローカルな左手系の直交座標系(x,y,z)において、結像光学系に画面中心光線からx軸、y軸の方向にそれぞれ微小量 Δ だけ平行シフトした光線を入射させ、その光線が結像光学系の最終面から射出されるときに画面中心光線と成す角度を θpx 、 θpy とし、また、曲面ミラーの反射面に入射する画面中心光線の進む方向をz軸の方向とし、曲面ミラーの反射面に入射する画面中心光線と入射法線とで決定される平面(すなわち入射面)に垂直な方向をx軸の方向とし、z軸及びx軸に直交する方向をy軸の方向とするローカルな左手系の直交座標系(x,y,z)において、曲面ミラーに画面中心光線からx軸、y軸の方向にそれぞれ微小量 Δ だけ平行シフトした光線を入射させ、その光線が曲面ミラーの反射面から射出されるときに画面中心光線と成す角度を θnx 、 θny とする。

【請求項4】 さらに以下の条件式(8)を満足することを特徴とする請求項1記載のリアプロジェクション光学系；

$$1.0 < (d2 \times \cos \theta) / d1 < 3.0 \quad \cdots (8)$$

ただし、

$d1$ ：結像光学系の最終面から曲面ミラーまでの画面中心光線の光路長、

$d2$ ：曲面ミラーからスクリーン面までの画面中心光線の光路長、

である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はリアプロジェクション光学系に関するものであり、更に詳しくは、曲面ミラ

ーを有するリアプロジェクション光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般的なリアプロジェクターに用いられているリアプロジェクション光学系は、図27(A)に示すように、投影光学系(PS)からの射出光の光路をスクリーン面(I2)の後方に位置する平面ミラー(MR)で折り返す構成になっている(PS'は光路を折り返さない場合の投影光学系の光学配置を示している)。用いられる投影光学系(PS)は共軸系であるため、スクリーン面(I2)の画面中心に入射する主光線はスクリーン面(I2)に対してほぼ垂直でなければならない。このため、リアプロジェクション光学系の厚み(DL)を減らそうとすれば、より広角の投影光学系(PS)が必要になる。しかし、投影光学系(PS)を広角化しても、斜めに配置された平面ミラー(MR)によってリアプロジェクション光学系の薄型化は制限されてしまう。

【0003】図27(B)に示すように、平面ミラー(MR)をスクリーン面(I2)に近づければ、リアプロジェクション光学系をある程度まで薄くすることは可能である。しかし、画角が一定以上に広がると、折り返しの光路の中に投影光学系(PS)が入ってしまうため、広角化にも限度がある。また、平面ミラー(MR)をスクリーン面(I2)に近づけると、平面ミラー(MR)が大きくなるため、平面ミラー(MR)の重量増大やコストアップを招くことにもなる。

【0004】図27(C)に示すように、画像をスクリーン面(I2)上に斜め投影する投影光学系(PS)を用いれば、スクリーン面(I2)に対してほぼ平行に平面ミラー(MR)を配置することができる。これによりリアプロジェクション光学系の薄型化が可能になるが、それと同時に主光線の斜め投影角度を非常に大きくしなければならなくなる。透過型の共軸系から成る投影光学系(PS)の一部を使用して斜め投影を行う場合、斜め投影角度を大きくするには非常に広角な投影光学系(PS)が必要になる。良好な光学性能を保持しつつ投影光学系(PS)を広角化しようとするれば、レンズ枚数が多く必要になりレンズ径も非常に大きくなるので、光学系全体が大型化してしまう。

【0005】上述したような問題点を解決して薄型化を図るために、特徴のある様々なリアプロジェクション光学系が提案されている。例えば、WO97/01787に記載のリアプロジェクション光学系は、反射型の投影光学系で画像をスクリーン面上に斜め投影する方式を採用している。また、特許第2932609号公報や特開平5-165095号公報に記載のリアプロジェクション光学系は、投影光学系からスクリーン面までの光路を3枚又は4枚の平面ミラーで3次元的に折り曲げる方式を採用している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来のリ

アプロジェクション光学系では、十分な薄型化が困難であったり薄型化に伴って新たな問題が生じたりする。例えば、WO97/01787に記載されている光学構成では、光路が何度も折り返された結果、スクリーン面の下側で投影光学系が大きなスペースを占めている。このため、スクリーン面の下側(いわゆるアゴ下)のサイズ(UL, 図27参照。)が非常に長くなっている。したがって、このリアプロジェクション光学系は、薄型ではあってもコンパクトとは言えない。

【0007】また、特許第2932609号公報や特開平5-165095号公報に記載されている光学構成では、スクリーン面上方と下方の両方にミラー等の光学部材が配置されている。このため、リアプロジェクション光学系はスクリーン面の画面上下方向に長くなっている。したがって、このリアプロジェクション光学系も、薄型ではあってもコンパクトとは言えない。また、大きな平面ミラーを複数枚必要とするので、リアプロジェクション光学系の重量増大やコストアップを招くことにもなる。

【0008】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであって、良好な光学性能を有しながらコンパクトで薄型のリアプロジェクション光学系を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第1の発明のリアプロジェクション光学系は、パネル表示面の画像をスクリーン面上に投影するリアプロジェクション光学系であって、光学的なパワーを有する部材として、前記パネル表示面から前記スクリーン面への光路順に、少なくとも1つの透過型光学素子を含むとともに正のパワーを有する結像光学系と、負のパワーを有する曲面ミラーと、を含み、かつ、全体で正のパワーを有する投影光学系を備え、前記パネル表示面の画面中心から絞りの中心を通り前記スクリーン面の画面中心に到達する光線を画面中心光線とすると、以下の条件式(1)～(3)を満足することを特徴とする。

$$20 < \theta < 65 \quad \cdots (1)$$

$$0.5 < dL/Fx < 2.5 \quad \cdots (2)$$

$$0.5 < dL/Fy < 2.5 \quad \cdots (3)$$

ただし、

θ : スクリーン面に対する画面中心光線の入射角度(°)、

dL : パネル表示面の画面对角線の長さ、

Fx : 投影光学系のx方向の焦点距離、

Fy : 投影光学系のy方向の焦点距離、

$$Fx = \Delta / \sin \theta_x$$

$$Fy = \Delta / \sin \theta_y$$

であり、ここで、投影光学系の第1面に入射する画面中心光線の進む方向をz軸の方向とし、投影光学系の第1面に入射する画面中心光線と入射法線とで決定される平

面(すなわち入射面)に垂直な方向をx軸の方向とし、z軸及びx軸に直交する方向をy軸の方向とするローカルな左手系の直交座標系(x,y,z)において、投影光学系に画面中心光線からx軸、y軸の方向にそれぞれ微小量 Δ だけ平行シフトした光線を入射させ、その光線が投影光学系の最終面から射出されるときに画面中心光線と成す角度を θ_x 、 θ_y とする。

【0010】第2の発明のリアプロジェクション光学系は、上記第1の発明の構成において、さらに以下の条件式(4)及び(5)を満足することを特徴とする。

$$1.0 < f_{px}/F_x < 5.5 \dots (4)$$

$$1.0 < f_{py}/F_y < 5.5 \dots (5)$$

ただし、

f_{px} : 結像光学系のx方向の焦点距離、

f_{py} : 結像光学系のy方向の焦点距離、

$$f_{px} = \Delta / \sin \theta_{px}$$

$$f_{py} = \Delta / \sin \theta_{py}$$

であり、ここで、結像光学系の第1面に入射する画面中心光線の進む方向をz軸の方向とし、結像光学系の第1面に入射する画面中心光線と入射法線とで決定される平面(すなわち入射面)に垂直な方向をx軸の方向とし、z軸及びx軸に直交する方向をy軸の方向とするローカルな左手系の直交座標系(x,y,z)において、結像光学系に画面中心光線からx軸、y軸の方向にそれぞれ微小量 Δ だけ平行シフトした光線を入射させ、その光線が結像光学系の最終面から射出されるときに画面中心光線と成す角度を θ_{px} 、 θ_{py} とする。

【0011】第3の発明のリアプロジェクション光学系は、上記第1の発明の構成において、さらに以下の条件式(6)及び(7)を満足することを特徴とする。

$$-1.5 < f_{px}/f_{nx} < -0.03 \dots (6)$$

$$-1.5 < f_{py}/f_{ny} < -0.03 \dots (7)$$

ただし、

f_{px} : 結像光学系のx方向の焦点距離、

f_{py} : 結像光学系のy方向の焦点距離、

f_{nx} : 曲面ミラーのx方向の焦点距離、

f_{ny} : 曲面ミラーのy方向の焦点距離、

$$f_{px} = \Delta / \sin \theta_{px}$$

$$f_{py} = \Delta / \sin \theta_{py}$$

$$f_{nx} = \Delta / \sin \theta_{nx}$$

$$f_{ny} = \Delta / \sin \theta_{ny}$$

であり、ここで、結像光学系の第1面に入射する画面中心光線の進む方向をz軸の方向とし、結像光学系の第1面に入射する画面中心光線と入射法線とで決定される平面(すなわち入射面)に垂直な方向をx軸の方向とし、z軸及びx軸に直交する方向をy軸の方向とするローカルな左手系の直交座標系(x,y,z)において、結像光学系に画面中心光線からx軸、y軸の方向にそれぞれ微小量 Δ だけ平行シフトした光線を入射させ、その光線が結像光学系の最終面から射出されるときに画面中心光線と成す角度を

θ_{px} 、 θ_{py} とし、また、曲面ミラーの反射面に入射する画面中心光線の進む方向をz軸の方向とし、曲面ミラーの反射面に入射する画面中心光線と入射法線とで決定される平面(すなわち入射面)に垂直な方向をx軸の方向とし、z軸及びx軸に直交する方向をy軸の方向とするローカルな左手系の直交座標系(x,y,z)において、曲面ミラーに画面中心光線からx軸、y軸の方向にそれぞれ微小量 Δ だけ平行シフトした光線を入射させ、その光線が曲面ミラーの反射面から射出されるときに画面中心光線と成す角度を θ_{nx} 、 θ_{ny} とする。

【0012】第4の発明のリアプロジェクション光学系は、上記第1の発明の構成において、さらに以下の条件式(8)を満足することを特徴とする。

$$1.0 < (d_2 \times \cos \theta) / d_1 < 3.0 \dots (8)$$

ただし、

d_1 : 結像光学系の最終面から曲面ミラーまでの画面中心光線の光路長、

d_2 : 曲面ミラーからスクリーン面までの画面中心光線の光路長、

である。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施したリアプロジェクション光学系を、図面を参照しつつ説明する。図1、図6、図11、図16及び図21に、第1～第5の実施の形態におけるパネル表示面(I1)からスクリーン面(I2)までの投影光路全体を示す。各実施の形態では、第1ミラー(M1)での光路の折り曲げによって各光学要素の配置が3次元的になっているため、すべての光学要素及び光路を的確に表現するのは困難である。そこで、図2、図7、図12、図17及び図22に、第1ミラー(M1)がない場合の各実施の形態におけるパネル表示面(I1)からスクリーン面(I2)までの投影光路全体を断面的に示す。また、図3、図8、図13、図18及び図23に、第1～第5の実施の形態を構成している結像光学系(PT)及びプリズム(PR)を拡大して示す。なお、各実施の形態のリアプロジェクション光学系の上下配置は、各光路図に示されているものに限らず、上下反対でもよい。つまり、実際の配置の都合に合わせて各光路図における上側を下側としてもなんら問題はない。

【0014】本発明に係る各実施の形態は、背面投写型画像投影装置(リアプロジェクター)用のリアプロジェクション光学系であり、表示パネルの画像表示面を縮小側のパネル表示面(I1)として、そのパネル表示面(I1)の2次元画像をスクリーン面(I2)上に拡大投影する構成になっている。表示パネルとしては、例えば、反射型液晶パネル、透過型液晶パネル、DMD(Digital Micromirror Device)等の表示素子が用いられる。そしてパネル表示面(I1)は、ランプ(不図示)から発せられたのち照明光学系(不図示)を通過した照明光によって照明される。

【0015】投影画像をカラー化するには、3枚の

表示パネルを用いてクロスダイクロックプリズム等の色合成プリズムで色合成する3板式の構成を採用すればよい。例えば、照明光学系で照明光をRGBの3つに分割し、3枚の表示パネルに入射させた後、パネル表示面(I1)近傍のクロスダイクロックプリズムで色合成する構成にすればよい。そのとき、クロスダイクロックプリズムを色分解と色合成とに兼用してもよい。また、時分割に画像を表示する単板式の構成や表示パネル上にマイクロレンズアレイを用いた単板式の構成を採用することによっても、投影画像のカラー化は可能である。表示パネルが反射型の場合には、光束分離プリズム(例えば偏光ビームスプリッター(PBS)、TIR(Total Internal Reflection)プリズム等)を用いて入射光線と反射光線とを分離する構成にしてもよい。また、リアプロジェクション光学系をパネル表示面(I1)側にテレセントリックな光学系とするために、コンデンサーレンズをパネル表示面(I1)近傍に配置してもよい。

【0016】各実施の形態のリアプロジェクション光学系は、パネル表示面(I1)からスクリーン面(I2)への光路順に、前記クロスダイクロックプリズムや光束分離プリズム等に相当するプリズム(PR)と、複数枚のレンズを含み正のパワーを有する透過型の結像光学系(PT)と、第1～第3ミラー(M1～M3)と、で構成されている。第1、第3ミラー(M1,M3)は平面ミラーであり、第2ミラー(M2)は負のパワーを有する曲面ミラーである。第1、第4の実施の形態に用いられている第2ミラー(M2)の反射面は自由曲面(XYP)であり、第2の実施の形態に用いられている第2ミラー(M2)の反射面はアナモルフィック非球面(AAS)であり、第3、第5の実施の形態に用いられている第2ミラー(M2)の反射面は軸対称非球面(ASP)である。

【0017】なお、上記自由曲面(XYP)とは、大きく偏心した非球面を含むとともに回転対称軸を有効領域の中心近傍に持たないような面であり、球面ではなくて非球面的なうねり(自由度)を有する面である。自由曲面形状の非球面的なうねりを利用して反射面の曲率を3次的に制御すれば、反射面の場所毎に設定した面の傾きによって、斜め投影による非軸対称な収差(歪曲等)を容易に補正することができる。

【0018】前記照明によりパネル表示面(I1)から射出した投影光は、プリズム(PR)と結像光学系(PT)を透過した後、第1ミラー(M1)の平面反射面で反射され、第2ミラー(M2)の曲面反射面で反射される。そして、第3ミラー(M3)の平面反射面で反射された後、スクリーン面(I2)に到達して投影画像を構成する。各実施の形態において光学的なパワーを有する部材は結像光学系(PT)と第2ミラー(M2)であり、全体で正のパワーを有している。したがって、結像光学系(PT)と第2ミラー(M2)がパネル表示面(I1)の画像をスクリーン面(I2)上に投影する投影光学系として機能することになる。

【0019】第1、第3ミラー(M1,M3)は共に平面ミラーであるが、互いに異なった方向に光路を折り曲げる向きに配置されている。つまり、第3ミラー(M3)がスクリーン面(I2)に対してほぼ平行に対向するように配置されているのに対し、第1ミラー(M1)はパネル表示面(I1)側の光路をスクリーン面(M2)の横方向(長辺方向)に折り曲げるように配置されている。図2、図7、図12、図17及び図22から分かるように、第1ミラー(M1)がない場合には光路がスクリーン面(I2)の後方に突出してしまい、リアプロジェクション光学系は厚くなる。リアプロジェクション光学系を薄くするには光路を折り返せばよいが、折り返された光路がスクリーン面(I2)の下方に配置されるとアゴ下が長くなってしまふ。そこで各実施の形態では、上述したように第1ミラー(M1)で光路を3次的に折り曲げている。光路を3次的に折り曲げれば、アゴ下を長くしなくてもリアプロジェクション光学系を薄くすることが可能である。以下にこの特徴を詳しく説明する。

【0020】各実施の形態のように画像をスクリーン面(I2)上に斜め投影する、いわゆる斜め投影光学系としては、以下の4つのタイプ①～④が考えられる。

①共軸光学系の一部を使用する透過型光学系。

②非軸対称な透過型光学系。

③反射型光学系。

④反射型と透過型とを組み合わせた非軸対称な光学系。

【0021】①のタイプでは、リアプロジェクション光学系の薄型化を達成しようとする、非常に大きな斜め投影角度が必要になる。各実施の形態のように斜め投影角度を大きくしようとすれば、もともとの共軸光学系に非常に広い画角が要求される。広角レンズで良好な性能を達成しようとする、一般的にレンズ枚数が多くなってしまうためコスト高となる。②のタイプでは、光学性能が良好で斜め投影角度の大きなものは現在知られていない。また非軸対称な光学系には、偏芯したレンズや自由曲面レンズ等が用いられるため、レンズを製造・保持する方法が困難であったり、レンズやレンズ保持部材が複雑化してしまうためコスト高になったりする。

【0022】③のタイプでは、反射型光学素子が用いられるため、光学系全長を実質的に大きくすることが可能であり、色収差の発生もない。したがって、光学性能には有利である。しかし、光線を分離するために光路を何度も折り返さなければならないので、光路の折り返しに伴ってリアプロジェクション光学系が特定方向に大きくなってしまふ。例えば前述したWO97/01787記載の光学構成では、リアプロジェクション光学系の薄型化は達成されているが、アゴ下のサイズが非常に長くなっている。このようにアゴ下が長くなってしまふのは、折り返した光路をスクリーン面の下側に向けて配置しているからである。

【0023】④のタイプでは、各光学要素をうまく配置

すれば、反射型光学素子と透過型光学素子を用いるメリットを活かすことができる。つまり、反射型光学素子を用いることにより実質的な光学系全長を非常に大きくすることが可能となるため、良好な光学性能が達成しやすくなる。さらに、複数枚の反射型光学素子の代わりに透過型光学素子を用いることにより、光路の折り返しに伴ってリアプロジェクション光学系が特定方向に大きくなってしまいう問題点を解消して、スペース効率を向上させることができる。④のタイプにおいて、3次元的な光路の折り曲げにより各光学要素の配置を3次元的にすれば、アゴ下を長くすることなくリアプロジェクション光学系を薄くすることが可能である。そのためには、パネル表示面(I1)からスクリーン面(I2)への光路順に、少なくとも1つの透過型光学素子を含む光学系と、光路を3次元的に折り曲げる平面ミラーと、曲面ミラーと、を備えることが望ましく、さらにスクリーン面(I2)に対してほぼ平行に対向する対向ミラーを備えることが望ましい。

【0024】上記少なくとも1つの透過型光学素子を含む光学系は各実施の形態における結像光学系(PT)に相当し、光路を3次元的に折り曲げる平面ミラーは各実施の形態における第1ミラー(M1)に相当する。また、上記曲面ミラーは各実施の形態における第2ミラー(M2)に相当し、上記対向ミラーは各実施の形態における第3ミラー(M3)に相当する。結像光学系(PT)に相当する光学系は、各実施の形態のようにレンズ等の透過型光学素子のみから成っていてもよく、透過型光学素子以外にミラー等の反射型光学素子を含んでいてもよい。透過型光学素子のみから成る場合には、そこでの光路の折り返しがないことによるスペース効率の向上を、上記曲面ミラー(M2)との間での上記平面ミラー(M1)による光路の折り曲げによって、反射型光学素子を用いることによるメリットとうまく融合させることが可能になる。

【0025】第1ミラー(M1)に相当する前記平面ミラーで光路を3次元的に折り曲げるには、パネル表示面(I1)の画面中心から絞り(ST)の中心を通りスクリーン面(I2)の画面中心に到達する光線を「画面中心光線」とすると、スクリーン面(I2)に入射する画面中心光線とスクリーン面(I2)の法線とが成す平面に対して、前記平面ミラー(M1)に入射する画面中心光線が平行でなければよい。各実施の形態のように、スクリーン面(I2)に入射する画面中心光線とスクリーン面(I2)の法線とが成す平面に対して、第1ミラー(M1)に入射する画面中心光線が平行でなければ、その3次元的な光路の折り曲げにより各光学要素の配置が3次元になる。これにより、リアプロジェクション光学系の薄型化とともに、スクリーン面(I2)の画面上下方向のコンパクト化を達成することができる。しかも、投影光学系としての結像光学系(PT)と第2ミラー(M2)との組み合わせによって良好な光学性能を実現することができる。

【0026】通常のリアプロジェクションTVのような投影装置では、スクリーン面(I2)のサイズは上下方向(縦方向)よりも左右方向(横方向)の方が大きい。このような横長のスクリーン面(I2)に対する光学構成において、折り返しによる光路配置を上下方向(短辺方向)のみに沿って行えば、左右方向(長辺方向)のスペースを有効に活用していないことになる。したがって各実施の形態のように、パネル表示面(I1)側の光路をスクリーン面(M2)の横方向(長辺方向)に折り曲げる構成にすれば、スペースの有効活用によりリアプロジェクション光学系のコンパクト化を達成することができる。しかし、タイプ③のように反射型光学素子のみから成る反射型光学系(例えばW097/01787)では、仮に平面ミラーで光路を横方向に折り曲げたとしても、アゴ下の突出を抑えることはできない。反射型と透過型とを組み合わせたタイプ④の光学系に、上記光路の折り曲げを適用して初めてそのメリット(光学性能上の有利性とコンパクト性)を活かすことができるのである。

【0027】また各実施の形態では、第1ミラー(M1)に入射する画面中心光線と第1ミラー(M1)で反射する画面中心光線とが 90° を成しているが、第1ミラー(M1)による光路の折り曲げはこれに限らない。リアプロジェクション光学系の厚みや他の光学要素との位置関係等に応じて好ましい光路配置となるようにすればよい。実際の光路配置を考えた場合、以下の条件式(0)を満足するように $\alpha=90\pm 20^\circ$ の角度範囲で光路を折り曲げることが望ましく、また、スクリーン面(I2)に入射する画面中心光線とスクリーン面(I2)の法線とが成す平面に対して、平面ミラー(M1)に入射する画面中心光線が成す角度もこれと同様である。

$$70 < \alpha < 110 \cdots (0)$$

ただし、

α : 第1ミラー(M1:平面ミラー)に入射する画面中心光線と第1ミラー(M1)で反射する画面中心光線とが成す角度($^\circ$)、である。

【0028】第1～第3の実施の形態を構成している結像光学系(PT)は、いわゆる共軸系であって、結像光学系(PT)を構成している光学要素はすべて共通の軸を有している。結像光学系(PT)を共軸系にすれば、レンズ保持部材(玉枠等)の構成が容易になる。また、フォーカシングやズーミングにおける玉枠の動きが直線的になるので、フォーカシングやズーミングに関連する構成も容易になる。なかでも第3の実施の形態は、第2ミラー(M2:曲面ミラー)も含めて投影光学系全体が共軸系になっている。このような構成にすると、収差等の扱いが通常の光学系の設計と同様に行えるので設計し易くなる。一方、第4、第5の実施の形態のように、結像光学系(PT)をいくつかのレンズブロックに分割して、それぞれが偏芯した構成にすれば、玉枠の構成は複雑になるが、光学性能を向上させることができる。

【0029】各実施の形態において、リアプロジェクション光学系のフォーカシングは、結像光学系(PT)中の1つのレンズ群をその軸方向に沿って移動させることにより行われる。また、リアプロジェクション光学系のズームは、結像光学系(PT)中の少なくとも2つのレンズ群をその軸方向に沿って移動させることにより行われる。ズームの際には縦方向(短辺方向)に像がずれるので、表示パネル又は投影光学系全体をその分だけ移動させて補正する構成にするのが好ましい。

【0030】各実施の形態では、スクリーン面(I2)の画面中心を縦に通る面に関してリアプロジェクション光学系全体が光学的な面对称になっており、その対称面が図2、図7、図12、図17及び図22に示す光学断面に相当する。第1ミラー(M1)での3次元的な光路の折り曲げにより、リアプロジェクション光学系は構造的に非対称になる。しかし、第1ミラー(M1)は光学的なパワーのない平面ミラーであるため、リアプロジェクション光学系の光学的な対称性が崩れることにはならない。このように光学的に面对称な光学構成にすると、光学部品の作り込みが行い易い上に、画面の左右で照度ムラや歪曲の差が発生するのを抑えることができる。

【0031】透過型光学素子のみで非常に広角の光学系を実現することは難しいが、各実施の形態のように第2ミラー(M2)が負のパワーを有し、結像光学系(PT)が正のパワーを有する構成にすれば、非常に広角のリアプロジェクション光学系を実現することができる。このパワー配置は、一般的な広角レンズに採用されているレトロフォーカスタイプである。このレトロフォーカスタイプのパワー構成において、さらに以下の条件式(1)～(3)を満足することが望ましい。

$$【0032】20 < \theta < 65 \quad \cdots (1)$$

$$0.5 < dL / Fx < 2.5 \quad \cdots (2)$$

$$0.5 < dL / Fy < 2.5 \quad \cdots (3)$$

ただし、

θ : スクリーン面(I2)に対する画面中心光線の入射角度(°)、

dL : パネル表示面(I1)の画面対角線の長さ、

Fx : 投影光学系のx方向の焦点距離、

Fy : 投影光学系のy方向の焦点距離、

$$Fx = \Delta / \sin \theta_x$$

$$Fy = \Delta / \sin \theta_y$$

であり、ここで、投影光学系の第1面に入射する画面中心光線の進む方向をz軸の方向とし、投影光学系の第1面に入射する画面中心光線と入射法線とで決定される平面(すなわち入射面)に垂直な方向をx軸の方向とし、z軸及びx軸に直交する方向をy軸の方向とするローカルな左手系の直交座標系(x, y, z)において、投影光学系に画面中心光線からx軸、y軸の方向にそれぞれ微小量 Δ だけ平行シフトした光線を入射させ、その光線が投影光学系の最終面から射出されるときに画面中心光線と成す角度を

θ_x , θ_y とする。

【0033】条件式(1)は、いわゆる斜め投影角度を規定している。条件式(1)の上限を超えると、斜め投影角度が大きくなりすぎるために、非常に広角のレンズが必要となり、良好な光学性能を達成するのが困難になる。また、スクリーン面(I2)に対する入射角度が大きくなりすぎるため、スクリーン面(I2)の表面反射による光のロスが大きくなる。逆に、条件式(1)の下限を超えると、斜め投影の度合いが小さくなる。つまり共軸系の投影に近づくことから、斜め投影による薄型化が困難になる。更に良好な光学性能を有し薄型でコンパクトなリアプロジェクション光学系を実現するためには、条件式(1)の下限を30、上限を50にして、それらの条件を満たすようにするのが好ましい。

【0034】条件式(2), (3)は、投影光学系の焦点距離とパネル表示面(I1)の画面対角線の長さとの比を規定しており、これらの比が投影画角を表している。つまり、比の値が大きいと画角が広く、小さいと画角が狭いことになる。条件式(2), (3)を満たすことにより、リアプロジェクション光学系の薄型化に必要な斜め投影を広い画角で実現することができる。条件式(2), (3)の上限を超えると、非常に広角なレンズを達成することと同等になるので収差補正が困難になり、良好な光学性能を得るのが困難になる。条件式(2), (3)の下限を超えると、画角が狭くなりすぎるので斜め投影角度を大きくとることができず、リアプロジェクション光学系の薄型化が困難になる。更に良好な光学性能を有し薄型でコンパクトなリアプロジェクション光学系を実現するためには、条件式(2), (3)の下限を0.70、上限を1.70にして、それらの条件を満たすようにするのが好ましい。

【0035】また結像光学系(PT)に関しては、以下の条件式(4)及び(5)を満足することが望ましい。

$$1.0 < fpx / Fx < 5.5 \quad \cdots (4)$$

$$1.0 < fpy / Fy < 5.5 \quad \cdots (5)$$

ただし、

fpx : 結像光学系(PT)のx方向の焦点距離、

fpy : 結像光学系(PT)のy方向の焦点距離、

$$fpx = \Delta / \sin \theta_{px}$$

$$fpy = \Delta / \sin \theta_{py}$$

であり、ここで、結像光学系(PT)の第1面に入射する画面中心光線の進む方向をz軸の方向とし、結像光学系(PT)の第1面に入射する画面中心光線と入射法線とで決定される平面(すなわち入射面)に垂直な方向をx軸の方向とし、z軸及びx軸に直交する方向をy軸の方向とするローカルな左手系の直交座標系(x, y, z)において、結像光学系(PT)に画面中心光線からx軸、y軸の方向にそれぞれ微小量 Δ だけ平行シフトした光線を入射させ、その光線が結像光学系(PT)の最終面から射出されるときに画面中心光線と成す角度を θ_{px} , θ_{py} とする。

【0036】条件式(4), (5)は、投影光学系と結像光学

系(PT)との焦点距離比を規定している。この比は全体で広画面な投影光学系における結像光学系(PT)の画角の負担量を示しており、比の値が小さい場合には結像光学系(PT)の画角負担が大きく、逆に大きい場合には結像光学系(PT)の画角負担が小さいことを意味する。条件式(4)、(5)の上限を超えると、結像光学系(PT)での画角負担が減る代わりに、第2ミラー(M2: 曲面ミラー)の負のパワーを強くしなければならなくなる。その結果、第2ミラー(M2)での収差発生量が大きくなり、投影光学系全体で収差補正を行うことが困難になる。条件式(4)、(5)の下限を超えると、結像光学系(PT)での画角負担が増えることになるが、結像光学系(PT)のみで非常に広画面な投影光学系を実現することは困難である。更に良好な光学性能を得るには、条件式(4)、(5)の下限を1.5、上限を4.5にして、それらの条件を満たすようにするのが好ましい。

【0037】また結像光学系(PT)と第2ミラー(M2)に関しては、以下の条件式(6)及び(7)を満足することが望ましい。

$$-1.5 < f_{px}/f_{nx} < -0.03 \cdots (6)$$

$$-1.5 < f_{py}/f_{ny} < -0.03 \cdots (7)$$

ただし、

f_{px} : 結像光学系(PT)のx方向の焦点距離、

f_{py} : 結像光学系(PT)のy方向の焦点距離、

f_{nx} : 第2ミラー(M2: 曲面ミラー)のx方向の焦点距離、

f_{ny} : 第2ミラー(M2: 曲面ミラー)のy方向の焦点距離、

$$f_{px} = \Delta / \sin \theta_{px}$$

$$f_{py} = \Delta / \sin \theta_{py}$$

$$f_{nx} = \Delta / \sin \theta_{nx}$$

$$f_{ny} = \Delta / \sin \theta_{ny}$$

であり、ここで、結像光学系(PT)の第1面に入射する画面中心光線の進む方向をz軸の方向とし、結像光学系(PT)の第1面に入射する画面中心光線と入射法線とで決定される平面(すなわち入射面)に垂直な方向をx軸の方向とし、z軸及びx軸に直交する方向をy軸の方向とするローカルな左手系の直交座標系(x,y,z)において、結像光学系(PT)に画面中心光線からx軸、y軸の方向にそれぞれ微小量 Δ だけ平行シフトした光線を入射させ、その光線が結像光学系(PT)の最終面から射出されるときに画面中心光線と成す角度を θ_{px} 、 θ_{py} とし、また、曲面ミラー(M2)の反射面に入射する画面中心光線の進む方向をz軸の方向とし、曲面ミラー(M2)の反射面に入射する画面中心光線と入射法線とで決定される平面(すなわち入射面)に垂直な方向をx軸の方向とし、z軸及びx軸に直交する方向をy軸の方向とするローカルな左手系の直交座標系(x,y,z)において、曲面ミラー(M2)に画面中心光線からx軸、y軸の方向にそれぞれ微小量 Δ だけ平行シフトした光線を入射させ、その光線が曲面ミラー(M2)の反射面から射出されるときに画面中心光線と成す角度を θ_{nx} 、 θ_{ny} とする。

【0038】条件式(6)、(7)は、結像光学系(PT)と曲面ミラー(M2)との焦点距離比を規定しており、条件式(6)、(7)の上限を超えると曲面ミラー(M2)のパワーが強くなり、条件式(6)、(7)の下限を超えると結像光学系(PT)のパワーが強くなる。条件式(6)、(7)の上限を超えると曲面ミラー(M2)のパワーが強くなりすぎるが、曲面ミラー(M2)はただ1つの面なので、非常に強いパワーを有すると当然非常に大きな収差が発生することになる。これを結像光学系(PT)で補正することは困難である。逆に、条件式(6)、(7)の下限を超えると、結像光学系(PT)のパワーが非常に強くなるため、レンズ枚数が少ないと収差の発生量が大きくなる。したがって、多くのレンズ枚数が必要になる。条件式(6)、(7)を満たすように2つのブロックの焦点距離比(つまりパワー比)をうまく調整すれば、少ないレンズ枚数で良好な光学性能を得ることができる。また、条件式(6)、(7)の下限を-1.0、上限を-0.1にして、それらの条件を満たすようにするのが好ましく、それによって更に少ないレンズ枚数で良好な光学性能を得ることができる。

【0039】また、以下の条件式(8)を満足することが望ましい。

$$1.0 < (d2 \times \cos \theta) / d1 < 3.0 \cdots (8)$$

ただし、

$d1$: 結像光学系(PT)の最終面から第2ミラー(M2: 曲面ミラー)までの画面中心光線の光路長、

$d2$: 第2ミラー(M2: 曲面ミラー)からスクリーン面(I2)までの画面中心光線の光路長、

である。

【0040】条件式(8)は、スクリーン面(I2)から第2ミラー(M2)までの距離と第2ミラー(M2)から結像光学系(PT)までの距離との比を規定している。スクリーン面(I2)から第2ミラー(M2)までの距離はプロジェクション光学系の厚み方向の長さの約2倍であり、第2ミラー(M2)から結像光学系(PT)までの距離はプロジェクション光学系の厚み方向の長さと同程度である。したがって、第2ミラー(M2)で光線が一度反射してスクリーン面(I2)に到達する構成と、透過型の結像光学系(PT)から第2ミラー(M2)までに十分な距離を有する構成と、でリアプロジェクション光学系の薄型化を有効に行うためには、その距離のおおよそその比が1.5~2倍程度であれば、薄型でアゴ下の小さなリアプロジェクション光学系を実現することができる。

【0041】光路を折り曲げるためのスペースをうまくとるには、第2ミラー(M2)から結像光学系(PT)までの距離をある程度確保する必要があるが、条件式(8)の上限を超えると、その距離と比べて第2ミラー(M2)からスクリーン面(I2)までの距離が大きくなってしまったため、リアプロジェクション光学系の薄型化が困難になる。逆に、条件式(8)の下限を超えると、第2ミラー(M2)から結像光学系(PT)までの距離が大きくなりすぎてしまった

め、第2ミラー(M2)が過度に大型化することになる。更に薄型で第2ミラー(M2)も小さなリアプロジェクション光学系を実現するためには、条件式(8)の下限を1.3、上限を2.2にして、それらの条件を満たすようにするのが好ましい。

【0042】アゴ下のサイズに関しては、以下の条件式(9)を満足することが望ましい。

$$0.2 < UL/H < 0.6 \cdots (9)$$

ただし、

UL: アゴ下の長さ、

H: スクリーン面(I2)に入射する画面中心光線とスクリーン面(I2)の法線とが成す平面に対して平行方向のスクリーン面(I2)の大きさ(各実施の形態では短辺長さに相当する。)、である。

【0043】各実施の形態のように斜め投影光学系を用いた場合には、そのリアプロジェクション光学系に適したスクリーンを用いることが望ましい。通常、リアプロジェクションTV等には、入射側からフレネルレンズ、レンチキュラー、ブラックマトリックスの順に配置されたスクリーンが用いられる。斜め投影の場合にはスクリーン面(I2)の画面中心に角度のついた光線が入射するので、図26に示すように投影光の入射側に平面部(FA)を有する偏心したフレネルレンズ(FL)を用いるか(図中、フレネルレンズ(FL)以外は省略。)、あるいは全反射プリズムアレイと通常のフレネルレンズとを組み合わせた構成のスクリーンを用いるのが望ましい。図26に示す配置とは逆に、投影光の入射側にフレネル部(FB)が位置すると、ケラレが発生することになる。

【0044】図26に示す方式では、フレネルのピッチごとに光線が途切れたように見えてしまうので、その影響を小さくするために、スクリーン面(I2)上に表示される画素の大きさよりもフレネルのピッチを十分に細かくすることが望ましい。具体的には、[フレネルのピッチ]/[スクリーンの画素]<0.5の条件を満たすことが望ましく、[フレネルのピッチ]/[スクリーンの画素]<0.3の条件を満たすことが更に望ましい。例えば、50インチ(対角)程度のスクリーン面(I2)にXGA(extended graphics array)相当の画面を表示させる場合には、画素の大きさが約1mmになるので、フレネルのピッチが約0.2mmのスクリーンを用いれば上記問題を解消することができる。

【0045】各実施の形態において第2ミラー(M2)として用いられている曲面ミラーの基板材料としては、プラスチック(PMMA(polymethyl methacrylate)、PC(polycarbonate)、ポリオレフィン系樹脂等)が好ましく、そのプラスチック基板にアルミニウムや銀を蒸着することにより増反射コートをしたものを用いることが好ましい。通常の反射ミラーはフロートガラス上に反射コートが施されたものであるが、フロートガラスは面精度が悪いので、光学的なパワーを有する曲面ミラーには適し

ていない。したがって、曲面ミラーの基板材料としては、ガラスモールドやプラスチックモールドといった、高精度のものを用いることが望ましい。なかでもプラスチックモールドは、材料のコスト等からみてもガラスモールドと比較して低コストであるため好適である。

【0046】各実施の形態のように複数の反射ミラーで光路を折り曲げる光学構成では、光路の折り曲げ方向に光線が重ならないようにする必要がある。しかし、折り曲げる余裕を多くとるのは光学性能上好ましくない。折り曲げる方向の光の幅を小さくすれば、良好な光学性能を達成することが可能である。折り曲げる方向の光の幅を小さくするには、絞り(ST)形状を楕円形にするのが望ましい。つまり、折り曲げる方向の絞り径を小さくし、それと直交する方向の絞り径を大きくすればよい。このような楕円絞りを用いれば、絞り(ST)全体の面積(つまり折り曲げによる非軸度合いが小さい)リアプロジェクション光学系を達成することができる。

【0047】液晶パネルのように入射角度によって特性に違いがある表示パネルを用いる場合には、前述の投影光学系をパネル表示面(I1)側にテレセントリックにすることが望ましい。しかし、光学性能を向上させるにはテレセントリックな状態からずらした方がよい。そこで、非テレセントリック光学系においてパネル表示面(I1)の前にコンデンサーレンズを配置することで、パネル表示面(I1)に対してはテレセントリックになるようにしてもよい。また、反射型の表示パネルを用いるとともにPBS無しに光束分離を行う場合、入射光線と反射光線とを角度分離するために、折り返し方向のFナンバーで決まる角度以上に入射光線をパネル表示面(I1)に対して傾ける必要がある。そのときには、いわゆる斜めテレセントリック(パネル表示面(I1)の全領域に対してほぼ同じ入射角度で斜めに入射する)の構成にするのが好ましい。斜めテレセントリックにすれば、上述した液晶の角度特性に違いは生じない。また、斜めテレセントリックを達成するために、パネル表示面(I1)の前に(必要に応じて偏心させた)コンデンサーレンズを配置してもよい。

【0048】

【実施例】以下、本発明を実施したリアプロジェクション光学系の構成を、コンストラクションデータ、スポットダイアグラム等を挙げて、更に具体的に説明する。ここで例として挙げる実施例1～5は、前述した第1～第5の実施の形態にそれぞれ対応しており、各実施の形態を表す図(図1～図3、図6～図8、図11～図13、図16～図18、図21～図23)は、対応する各実施例の光学構成等をそれぞれ示している。

【0049】表1、表4、表7、表9及び表12は、各実施例におけるパネル表示面(I1)からスクリーン面(I2)までのコンストラクションデータを縮小側から順に示す

と共に、パネル表示面(I1)の大きさ(mm)、スクリーン面(I2)の大きさ(mm)及びFナンバー(FNO)を、画面横(長辺)方向と画面縦(短辺)方向とにそれぞれ対応させて示している。各コンストラクションデータにおいて、si (i=0,1,2,3,...)はパネル表示面(I1)から数えてi番目の面であり、CRはその面(si)の曲率半径(mm)である。また、Nd, ndは面(si)と面(si+1)との間に位置する媒質のd線に対する屈折率、アッペ数をそれぞれ示している(AIR: 空気)。

【0050】各面siのデータは、左手系の直交座標系(X,Y,Z)に基づいて示されており、パネル表示面(I1;長辺方向: X軸方向, 短辺方向: Y軸方向)の中心位置を原点(0,0,0)とする面頂点座標(mm)で、面siの位置(X座標, Y座標, Z座標)を表しており、面頂点を中心とするX,Y,Zの各方向の軸回りの回転角(°)で、パネル表示面(I1)を基準とする面siの傾き(X回転, Y回転, Z回転)を表している(回転の順序はX回転, Y回転, Z回転である。)。ただし、X回転ではY軸からZ軸への回転方向(Z軸の正側に向かって時計回り)を正とし、Y回転ではZ軸からX軸への回転方向(X軸の正側に向かって時計回り)を正とし、Z

回転ではY軸からX軸への回転方向(Z軸の正側に向かって時計回り)を正とする。

【0051】また曲率半径CRの欄において、ASPが記載されている面siは軸対称非球面、AASが記載されている面siはアナモルフィック非球面、XYPが記載されている面siは自由曲面である。これらの面siの面頂点を原点とするローカルな直交座標系(x,y,z)を考えた場合、軸対称非球面の面形状は以下の式(ASP)で定義され、アナモルフィック非球面の面形状は以下の式(AAS)で定義され、自由曲面の面形状は以下の式(XYP)で定義される。この直交座標系(x,y,z)におけるx,y,z方向は直交座標系(X,Y,Z)におけるX,Y,Z方向とそれぞれ一致している。したがって、以下の各式で規定される面形状は、各回転によって傾く前の面siの状態を表していることになる。表2, 表3; 表5, 表6; 表8; 表10, 表11; 表13に、各実施例における軸対称非球面データ, アナモルフィック非球面データ及び自由曲面データを示す。また、表14に各実施例の条件式対応値及び関連データを示す。

【0052】

$$z = (C \cdot h^2) / [1 + \sqrt{1 - C^2 \cdot h^2}] + (A4 \cdot h^4 + A6 \cdot h^6 + A8 \cdot h^8 + A10 \cdot h^{10} + A12 \cdot h^{12}) \cdots (ASP)$$

$$z = (Cx \cdot x^2 + Cy \cdot y^2) / [1 + \sqrt{1 - (1 + Kx) Cx^2 \cdot x^2 - (1 + Ky) Cy^2 \cdot y^2}] + [Ar \{ (1 - Ap) x^2 + (1 + Ap) y^2 \}^2 + Br \{ (1 - Bp) x^2 + (1 + Bp) y^2 \}^3 + Cr \{ (1 - Cp) x^2 + (1 + Cp) y^2 \}^4 + Dr \{ (1 - Dp) x^2 + (1 + Dp) y^2 \}^5] \cdots (AAS)$$

【数1】

$$z = (C \cdot h^2) / [1 + \sqrt{1 - (1 + K) \cdot C^2 \cdot h^2}] + \sum_n \sum_n [C(m, n) \cdot x^m \cdot y^n] \cdots (XYP)$$

【0053】ただし、
z: 高さhの位置でのz軸方向の基準面からの変位量(sag)、
h: z軸に対して垂直な方向の高さ(h²=x²+y²)、
C: 近軸曲率(曲率半径CRの逆数)、
Cx: x方向の近軸曲率(x方向の曲率半径CRxの逆数)、
Cy: y方向の近軸曲率(y方向の曲率半径CRyの逆数)、
A4, A6, A8, A10, A12: 4次, 6次, 8次, 10次, 12次の非球面係数、
K: コーニック定数、
Kx: x方向のコーニック定数、
Ky: y方向のコーニック定数、
C(m, n): 自由曲面係数、
Ar, Br, Cr, Dr: 円錐からの4次, 6次, 8次, 10次の変形係数の回転対称成分、
Ap, Bp, Cp, Dp: 円錐からの4次, 6次, 8次, 10次の変形係数の非回転対称成分、
である。

【0054】各実施例の光学性能をスポットダイアグラム(図4, 図9, 図14, 図19, 図24)と歪曲図(図5, 図10, 図15, 図20, 図25)でそれぞれ示す。スポットダイアグラムはスクリーン面(I2)での結像

特性(mm)をd線, g線及びc線の3波長について示しており、歪曲図はパネル表示面(I1)での長方形網目に対応するスクリーン面(I2)での光線位置(mm)を示している。歪曲図中、D1(実線)が実施例の歪曲格子であり、D0(点線)がアナモ比を考慮した理想像点の格子(歪曲無し)である。

【0055】パネル表示面(I1)の画面長辺方向にx軸をとり、パネル表示面(I1)の画面短辺方向にy軸をとった場合、各物高(FIELD POSITION, mm)はパネル表示面(I1)の画面中心を原点とするローカルな座標(x,y)で表される。また、スクリーン面(I2)の画面長辺方向にx'軸をとり、スクリーン面(I2)の画面短辺方向にy'軸をとった場合、各像高(mm)はスクリーン面(I2)の画面中心を原点とするローカルな座標(x',y')で表される。したがって、各歪曲図はx'-y'平面に対して垂直方向から見たスクリーン面(I2)上での実際の像の歪曲状態(ただしx'の負側のみ)を示していることになる。なお、スポットや歪曲が画面の片側についてのみ表示されているのは、各実施例が光学的に左右対称だからである。

【0056】

【表1】

《実施例 1》

				横(長辺)		縦(短辺)		
パネル表示面(11)の大きさ(mm)				13.283		7.472		
スクリーン面(12)の大きさ(mm)				1105.7		622.7		
FNO				3.0		3.0		
面	CR	Nd	νd	X座標	Y座標	Z座標	X, Y, Z回転	
s0	∞ (11)	AIR		0.000	0.000	0.000	0.000	
s1	∞ (PR)	1.51680	64.20	0.000	5.000	12.000	0.000	
s2	∞ (PR)	AIR		0.000	5.000	45.000	0.000	
s3	117.864	1.49270	57.49	0.000	5.000	56.360	0.000	
s4	ASP	AIR		0.000	5.000	83.353	0.000	
s5	483.973	1.48749	70.45	0.000	5.000	75.095	0.000	
s6	-35.922	AIR		0.000	5.000	82.045	0.000	
s7	66.055	1.75450	51.57	0.000	5.000	95.408	0.000	
s8	-27.732	1.84666	23.82	0.000	5.000	108.408	0.000	
s9	44.053	AIR		0.000	5.000	111.408	0.000	
s10	-339.300	1.83350	21.00	0.000	5.000	127.278	0.000	
s11	-37.822	AIR		0.000	5.000	134.278	0.000	
s12	∞ (ST)	AIR		0.000	5.000	137.872	0.000	
s13	-19.297	1.85000	40.04	0.000	5.000	175.806	0.000	
s14	-96.366	AIR		0.000	5.000	182.806	0.000	
s15	-47.244	1.49270	57.49	0.000	5.000	202.831	0.000	
s16	ASP	AIR		0.000	5.000	208.043	0.000	
面	CR	媒質	X座標	Y座標	Z座標	X回転	Y回転	Z回転
s17	∞ (M1)	AIR	0.000	5.000	288.043	0.000	-45.000	0.000
s18	XYP(M2)	AIR	-211.725	52.420	288.043	-90.000	-62.991	-90.000
s19	∞ (M3)	AIR	36.198	269.280	288.043	0.000	-90.000	0.000
s20	∞ (I2)	AIR	-221.479	485.130	288.043	0.000	-90.000	0.000

【0057】

【表2】

<実施例 1 の軸対称非球面データ(ASP)>

	s4	s16
CR	-261.527	-35.086
A4	1.068×10^{-5}	-2.472×10^{-6}
A6	3.788×10^{-9}	-1.049×10^{-9}
A8	5.007×10^{-12}	-1.769×10^{-12}
A10	-1.683×10^{-14}	1.811×10^{-15}
A12	3.304×10^{-18}	-6.340×10^{-18}

【0058】

【表3】

<実施例 1 の自由曲面データ(XYP)>

		s18			
CR	∞	K	0.000		
C(0,1)	-8.848×10^{-1}	C(4,0)	6.121×10^{-8}	C(0,5)	-8.338×10^{-10}
C(2,0)	-2.736×10^{-3}	C(2,2)	1.246×10^{-7}	C(6,0)	-6.233×10^{-13}
C(0,2)	-3.095×10^{-3}	C(0,4)	5.041×10^{-8}	C(4,2)	-3.888×10^{-12}
C(2,1)	1.175×10^{-5}	C(4,1)	-4.123×10^{-10}	C(2,4)	-2.651×10^{-12}
C(0,3)	1.539×10^{-5}	C(2,3)	-1.047×10^{-9}	C(0,8)	3.190×10^{-12}

【0059】

【表4】

《実施例2》

				横(長辺)		縦(短辺)		
パネル表示面(I1)の大きさ(mm)				15.490		8.718		
スクリーン面(I2)の大きさ(mm)				1106.4		622.5		
FNO				2.5		2.5		
面	CR	Nd	vd	X座標	Y座標	Z座標	X, Y, Z回転	
s0	∞(I1)	AIR		0.000	0.000	0.000	0.000	
s1	∞(PR)	1.51680	84.20	0.000	7.791	0.000	0.000	
s2	∞(PR)	AIR		0.000	7.791	34.000	0.000	
s3	419.694	1.85000	40.04	0.000	7.791	34.100	0.000	
s4	-53.363	AIR		0.000	7.791	41.100	0.000	
s5	-86.488	1.70055	30.10	0.000	7.791	82.655	0.000	
s6	ASP	AIR		0.000	7.791	85.655	0.000	
s7	-411.545	1.49270	57.49	0.000	7.791	86.905	0.000	
s8	-175.501	AIR		0.000	7.791	89.905	0.000	
s9	63.283	1.77250	49.77	0.000	7.791	90.005	0.000	
s10	-28.656	1.87339	29.25	0.000	7.791	99.355	0.000	
s11	82.179	AIR		0.000	7.791	106.355	0.000	
s12	∞(ST)	AIR		0.000	7.791	125.625	0.000	
s13	-153.560	1.75450	51.57	0.000	7.791	142.883	0.000	
s14	-61.760	AIR		0.000	7.791	149.182	0.000	
s15	331.090	1.77250	49.77	0.000	7.791	171.586	0.000	
s16	-130.888	AIR		0.000	7.791	177.841	0.000	
s17	-39.763	1.48749	70.45	0.000	7.791	259.323	0.000	
s18	66.442	AIR		0.000	7.791	262.323	0.000	
s19	ASP	1.49270	57.49	0.000	7.791	283.307	0.000	
s20	-77.348	AIR		0.000	7.791	289.000	0.000	
面	CR	媒質	X座標	Y座標	Z座標	X回転	Y回転	Z回転
s21	∞(M1)	AIR	0.000	7.791	389.000	0.000	-45.000	0.000
s22	AAS(M2)	AIR	-215.000	-1.097	369.000	0.000	-90.000	0.000
s23	∞(M3)	AIR	0.000	337.757	369.000	0.000	-90.000	0.000
s24	∞(I2)	AIR	-250.000	581.413	369.000	0.000	-90.000	0.000

【0060】

【表5】

＜実施例2の軸対称非球面データ(ASP)＞

	s6	s19
CR	-175.501	-50.000
A4	5.812×10^{-8}	-2.751×10^{-6}
A6	4.189×10^{-8}	2.501×10^{-9}
A8	1.956×10^{-12}	4.928×10^{-14}
A10	0.000	0.000
A12	0.000	0.000

【0061】

【表6】

＜実施例2のアナモルフィック非球面データ(AAS)＞

s22			
CRy	-304.030	CRx	-293.399
Ky	0.154	Kx	0.085
Ar	3.314×10^{-8}	Ap	3.002×10^{-2}
Br	-3.803×10^{-13}	Bp	3.629×10^{-2}
Cr	3.352×10^{-18}	Cp	2.706×10^{-2}
Dr	0.000	Dp	0.000

【0062】

【表7】

《実施例 3》

				横(長辺)			縦(短辺)	
パネル表示面(11)の大きさ(mm)				19.924			11.208	
スクリーン面(12)の大きさ(mm)				555.2			311.7	
FNO				4.0			4.0	
面	CR	Nd	vd	X座標	Y座標	Z座標	X, Y, Z回転	
s0	∞(11)	AIR		0.000	0.000	0.000	0.000	
s1	∞(PR)	1.51680 64.20		0.000	10.000	14.845	0.000	
s2	∞(PR)	AIR		0.000	10.000	51.845	0.000	
s3	43.838	1.84666 23.82		0.000	10.000	62.351	0.000	
s4	367.337	AIR		0.000	10.000	70.700	0.000	
s5	-228.955	1.49270 57.49		0.000	10.000	73.821	0.000	
s6	ASP	AIR		0.000	10.000	80.821	0.000	
s7	26.987	1.75450 51.57		0.000	10.000	85.616	0.000	
s8	-45.949	1.83350 21.00		0.000	10.000	95.604	0.000	
s9	17.385	AIR		0.000	10.000	102.604	0.000	
s10	∞(ST)	AIR		0.000	10.000	109.264	0.000	
s11	-12.031	1.85000 40.04		0.000	10.000	118.148	0.000	
s12	-16.542	AIR		0.000	10.000	125.148	0.000	
s13	-96.382	1.75450 51.57		0.000	10.000	143.826	0.000	
s14	-36.915	AIR		0.000	10.000	152.900	0.000	
s15	ASP	1.49270 57.49		0.000	10.000	153.000	0.000	
s16	-57.193	AIR		0.000	10.000	160.000	0.000	
面	CR	媒質	X座標	Y座標	Z座標	X回転	Y回転	Z回転
s17	∞(M1)	AIR	0.000	10.000	210.000	0.000	-45.000	0.000
s18	ASP(M2)	AIR	-180.000	10.000	210.000	0.000	-90.000	0.000
s19	∞(M3)	AIR	20.000	188.634	210.000	0.000	-90.000	0.000
s20	∞(12)	AIR	-180.000	288.636	210.000	0.000	-90.000	0.000

【0063】

【表8】

<実施例3の軸対称非球面データ(ASP)>

	s6	s15	s18
CR	-67.937	-42.448	-145.535
A4	4.580×10^{-6}	-7.163×10^{-6}	2.508×10^{-7}
A6	-1.915×10^{-9}	2.776×10^{-9}	-1.519×10^{-11}
A8	3.807×10^{-13}	-1.924×10^{-12}	8.997×10^{-16}
A10	0.000	0.000	0.000
A12	0.000	0.000	0.000

【0064】

【表9】

【実施例 4】

				横(長辺)			縦(短辺)	
パネル表示面(11)の大きさ(mm)				13.283			7.472	
スクリーン面(12)の大きさ(mm)				1101.2			560.3	
FNO				3.1			3.1	
面	CR	Nd	vd	X座標	Y座標	Z座標	X回転	Y, Z回転
s0	∞(11)	AIR		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
s1	∞(PR)	1.51680	64.20	0.000	8.137	6.643	-10.527	0.000
s2	∞(PR)	AIR		0.000	-0.623	43.020	-10.527	0.000
s3	441.207	1.51680	64.20	0.000	-2.886	44.634	-6.084	0.000
s4	ASP	AIR		0.000	-3.829	51.605	-6.084	0.000
s5	24.398	1.48749	70.45	0.000	7.296	52.870	1.778	0.000
s6	-129.235	AIR		0.000	7.761	67.863	1.778	0.000
s7	-18.455	1.59649	35.34	0.000	8.068	77.747	1.778	0.000
s8	15.735	AIR		0.000	8.084	78.247	1.778	0.000
s9	21.943	1.85000	40.04	0.000	8.120	79.437	1.778	0.000
s10	-15.325	AIR		0.000	8.359	87.114	1.778	0.000
s11	-15.706	1.62197	32.38	0.000	8.362	87.214	1.778	0.000
s12	43.389	AIR		0.000	8.377	87.714	1.778	0.000
s13	∞(ST)	AIR		0.000	8.386	88.001	1.778	0.000
s14	107.349	1.75450	51.57	0.000	15.869	157.799	5.621	0.000
s15	-104.195	AIR		0.000	16.578	164.984	5.621	0.000
s16	59.049	1.84987	40.00	0.000	16.587	165.093	5.621	0.000
s17	120.402	AIR		0.000	18.057	180.021	5.621	0.000
s18	-174.794	1.69694	33.73	0.000	18.398	183.493	5.621	0.000
s19	44.632	AIR		0.000	19.673	196.446	5.621	0.000
s20	-33.684	1.84666	23.82	0.000	17.444	207.856	5.621	0.000
s21	-47.856	AIR		0.000	18.913	222.784	5.621	0.000
面	CR	媒質	X座標	Y座標	Z座標	X回転	Y回転	Z回転
s22	∞(M1)	AIR	0.000	20.742	282.756	1.747	-45.000	0.000
s23	XP(M2)		-252.636	88.781	280.680	91.747	-76.538	90.000
s24	∞(M3)		19.079	265.343	275.295	0.000	-90.000	-1.747
s25	∞(I2)	AIR	-269.261	506.333	267.943	0.000	-90.000	-1.747

【0065】

【表10】

＜実施例 4 の軸対称非球面データ(ASP)＞

s4	
CR	-31.952
A4	6.667×10^{-7}
A6	5.727×10^{-10}
A8	1.130×10^{-12}
A10	8.818×10^{-16}
A12	0.000

【0066】

【表11】

〈実施例4の自由曲面データ(XYP)〉

s23					
CR	-1.424×10^3	K	0.000		
C(0,1)	-1.254×10^{-1}	C(4,1)	-5.544×10^{-10}	C(4,3)	-3.804×10^{-15}
C(2,0)	-1.324×10^{-3}	C(2,3)	-2.702×10^{-10}	C(2,5)	-9.057×10^{-14}
C(0,2)	5.167×10^{-5}	C(0,5)	6.618×10^{-9}	C(0,7)	1.056×10^{-12}
C(2,1)	1.093×10^{-5}	C(0,0)	-5.162×10^{-12}	C(8,0)	4.435×10^{-16}
C(0,3)	6.833×10^{-6}	C(4,2)	-2.022×10^{-12}	C(6,2)	1.890×10^{-16}
C(4,0)	4.326×10^{-8}	C(2,4)	-8.563×10^{-12}	C(4,4)	3.844×10^{-16}
C(2,2)	-1.876×10^{-8}	C(0,6)	1.178×10^{-10}	C(2,6)	-2.527×10^{-16}
C(0,4)	1.788×10^{-7}	C(6,1)	2.652×10^{-14}	C(0,8)	3.743×10^{-15}

【0067】

【表12】

《実施例5》

				横(長辺)			縦(短辺)		
パネル表示面(11)の大きさ(mm)				13.283			7.472		
スクリーン面(12)の大きさ(mm)				1102.5			647.4		
FNO				3.1			3.1		
面	CR	Nd	vd	X座標	Y座標	Z座標	X回転	Y,Z回転	
s0	$\infty(11)$	AIR		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
s1	$\infty(PR)$	1.51680 64.20		0.000	7.012	0.099	7.065	0.000	
s2	$\infty(PR)$	AIR		0.000	11.932	39.796	7.065	0.000	
s3	144.083	1.51680 64.20		0.000	0.172	41.555	4.831	0.000	
s4	ASP	AIR		0.000	0.435	44.657	4.831	0.000	
s5	17.834	1.48749 70.45		0.000	-1.907	44.955	-3.323	0.000	
s6	99.369	AIR		0.000	-2.205	50.078	-3.323	0.000	
s7	38.679	1.66888 28.47		0.000	-2.210	50.178	-3.323	0.000	
s8	9.788	AIR		0.000	-2.931	62.596	-3.323	0.000	
s9	10.658	1.81003 43.88		0.000	-2.943	62.805	-3.323	0.000	
s10	-139.224	AIR		0.000	-3.533	72.959	-3.323	0.000	
s11	-17.685	1.59752 35.21		0.000	-3.546	73.183	-3.323	0.000	
s12	18.776	AIR		0.000	-3.562	73.463	-3.323	0.000	
s13	$\infty(ST)$	AIR		0.000	-3.576	73.692	-3.323	0.000	
s14	-48.098	1.85000 40.04		0.000	-7.254	137.045	-9.405	0.000	
s15	-47.973	AIR		0.000	-8.637	145.397	-9.405	0.000	
s16	-157.515	1.79519 22.70		0.000	-8.653	145.495	-9.405	0.000	
s17	259.221	AIR		0.000	-8.699	145.772	-9.405	0.000	
s18	261.585	1.84911 33.91		0.000	-8.715	145.870	-9.405	0.000	
s19	-78.379	AIR		0.000	-11.458	162.428	-9.405	0.000	
s20	-187.486	1.48749 40.44		0.000	-63.143	222.929	-10.742	0.000	
s21	-301.596	AIR		0.000	-63.195	223.204	-10.742	0.000	
面	CR	媒質	X座標	Y座標	Z座標	X回転	Y回転	Z回転	
s22	$\infty(M1)$	AIR	0.000	-79.514	280.942	-15.782	-45.000	0.000	
s23	ASP(M2)	AIR	-213.209	-56.326	287.496	-105.782	-88.613	-90.000	
s24	$\infty(M3)$	AIR	77.660	275.258	381.212	0.000	-90.000	15.782	
s25	$\infty(12)$	AIR	-201.008	500.085	444.755	0.000	-90.000	15.782	

【0068】

【表13】

〈実施例5の軸対称非球面データ(ASP)〉

	s4	s23
CR	-32.492	-274.307
A4	4.215×10^{-6}	3.826×10^{-8}
A6	2.149×10^{-9}	-6.595×10^{-13}
A8	1.847×10^{-11}	1.053×10^{-17}
A10	-1.294×10^{-14}	-6.905×10^{-23}
A12	0.000	0.000

【0069】

【表14】

《条件式対応値等》

		実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
条件式	(0)	α	90	90	90	90
	(1)	θ	40.0	44.3	31.0	40.0
	(2)	dL/Fx	1.66	1.53	1.18	1.50
	(3)	dL/Fy	1.23	1.00	0.98	1.01
	(4)	f_{px}/Fx	3.56	2.53	4.35	4.29
	(5)	f_{py}/Fy	2.78	1.67	3.64	2.77
	(6)	f_{px}/f_{nx}	-0.233	-0.115	-0.928	-0.347
	(7)	f_{py}/f_{ny}	-0.170	-0.051	-0.726	-0.180
	(8)	$(d2 \times \cos \theta) / d1$	1.70	1.48	1.71	1.90
	(9)	UL/H	0.31	0.49	0.49	0.50
dL		15.24	17.77	22.86	15.24	15.24
Fx		9.16	11.58	19.44	10.14	10.77
Fy		12.39	17.75	23.33	15.15	14.19
f _{px}		32.64	29.26	84.59	43.47	38.74
f _{py}		34.47	29.65	85.00	41.93	37.69
f _{nx}		-139.93	-254.89	-91.18	-125.43	-205.43
f _{ny}		-202.19	-583.68	-117.13	-238.53	-311.13
d1		298.5	325.9	236.4	300.0	300.2
d2		662.2	673.5	471.3	744.1	745.0
UL(概略)		196	302	152	280	287
H		622.7	622.5	311.7	580.3	647.4

【0070】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、良好な光学性能を有しながらコンパクトで薄型のリアプロジェクション光学系を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態(実施例1)のリアプロジェクション光学系を示す斜視図。

【図2】第1の実施の形態(実施例1)において第1ミラーがない場合の光路等を示す光学構成図。

【図3】第1の実施の形態(実施例1)を構成している投影光学系等を示す光学構成図。

【図4】実施例1のスポットダイアグラム。

【図5】実施例1の歪曲図。

【図6】第2の実施の形態(実施例2)のリアプロジェクション光学系を示す斜視図。

【図7】第2の実施の形態(実施例2)において第1ミラーがない場合の光路等を示す光学構成図。

【図8】第2の実施の形態(実施例2)を構成している投影光学系等を示す光学構成図。

【図9】実施例2のスポットダイアグラム。

【図10】実施例2の歪曲図。

【図11】第3の実施の形態(実施例3)のリアプロジェ

クション光学系を示す斜視図。

【図12】第3の実施の形態(実施例3)において第1ミラーがない場合の光路等を示す光学構成図。

【図13】第3の実施の形態(実施例3)を構成している投影光学系等を示す光学構成図。

【図14】実施例3のスポットダイアグラム。

【図15】実施例3の歪曲図。

【図16】第4の実施の形態(実施例4)のリアプロジェクション光学系を示す斜視図。

【図17】第4の実施の形態(実施例4)において第1ミラーがない場合の光路等を示す光学構成図。

【図18】第4の実施の形態(実施例4)を構成している投影光学系等を示す光学構成図。

【図19】実施例4のスポットダイアグラム。

【図20】実施例4の歪曲図。

【図21】第5の実施の形態(実施例5)のリアプロジェクション光学系を示す斜視図。

【図22】第5の実施の形態(実施例5)において第1ミラーがない場合の光路等を示す光学構成図。

【図23】第5の実施の形態(実施例5)を構成している投影光学系等を示す光学構成図。

【図24】実施例5のスポットダイアグラム。

【図25】実施例5の歪曲図。

【図26】各実施の形態に適したスクリーンの要部構成及び光路を示す図。

【図27】従来例の概略構成を示す模式図。

【符号の説明】

I1 …パネル表示面

I2 …スクリーン面

PT …結像光学系(投影光学系の一部)

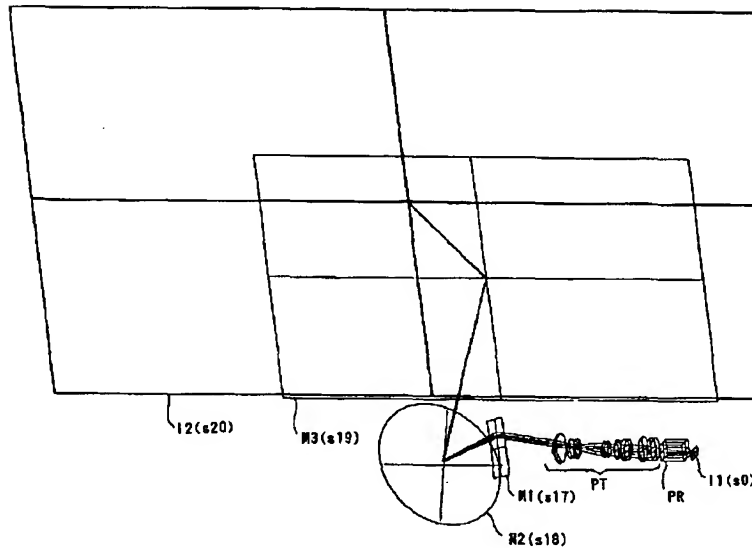
ST …絞リ

M1 …第1ミラー(平面ミラー)

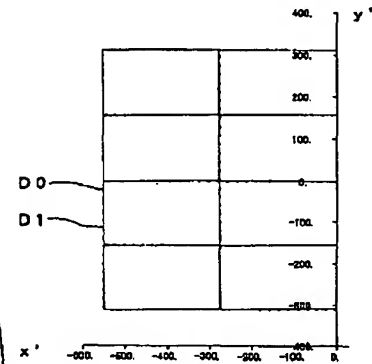
M2 …第2ミラー(曲面ミラー, 投影光学系の一部)

M3 …第3ミラー(対向ミラー)

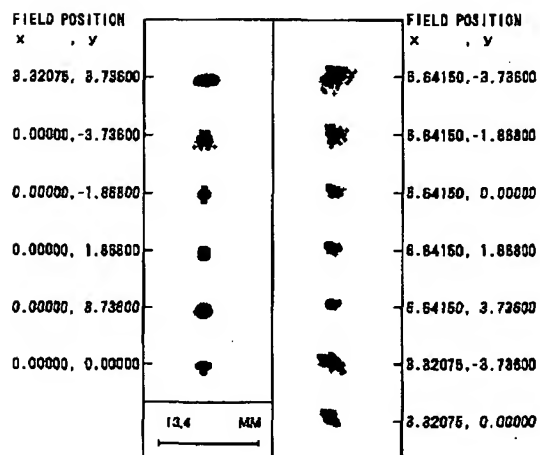
【図1】



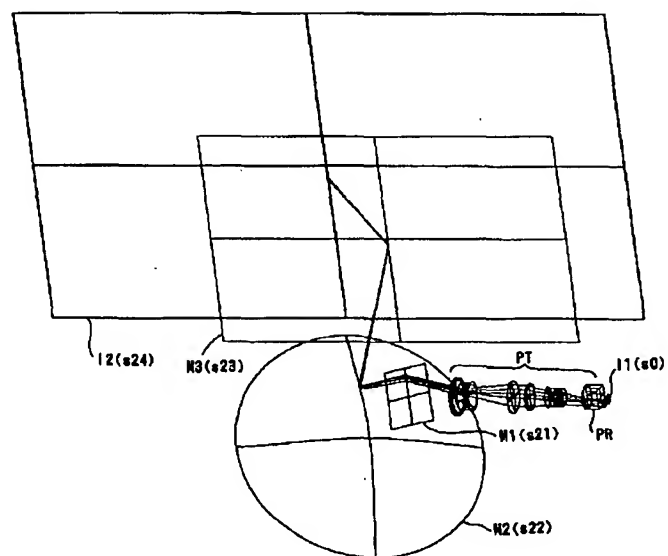
【図5】



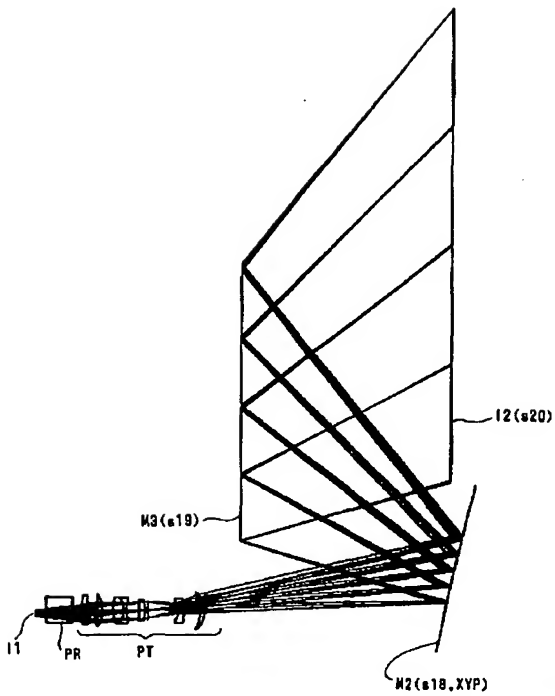
【図4】



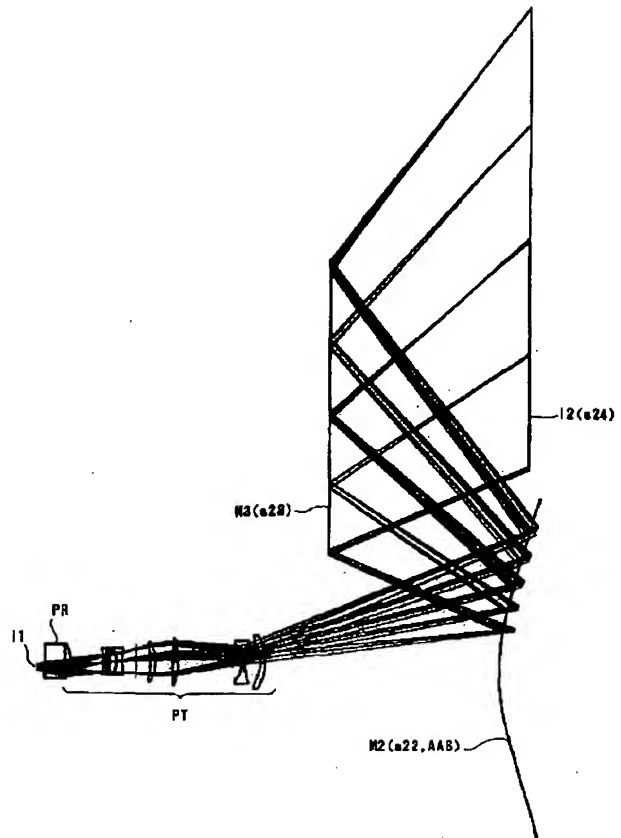
【図6】



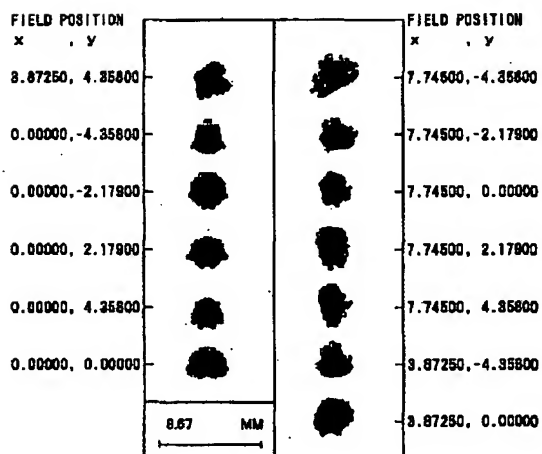
【図2】



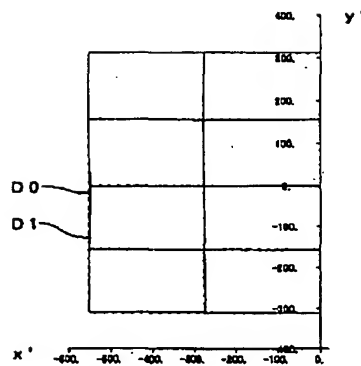
【図7】



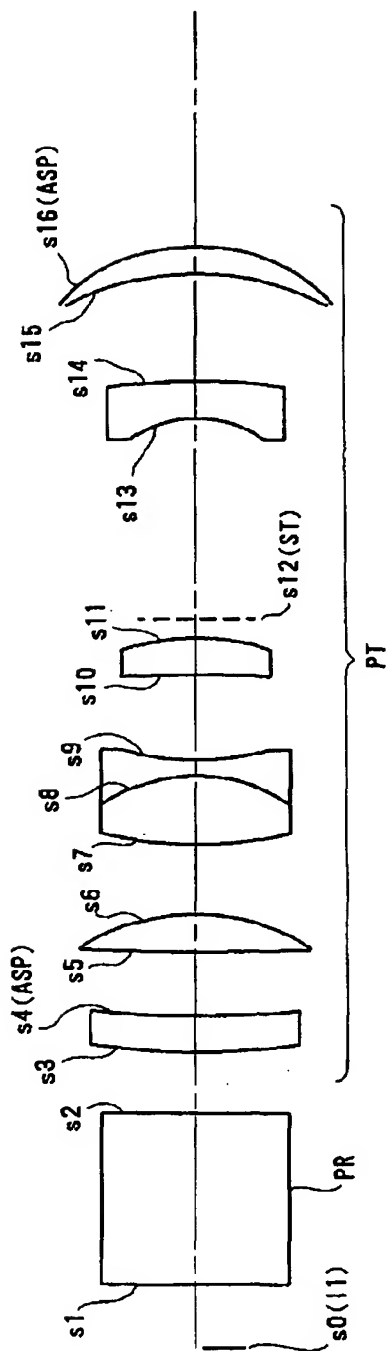
【図9】



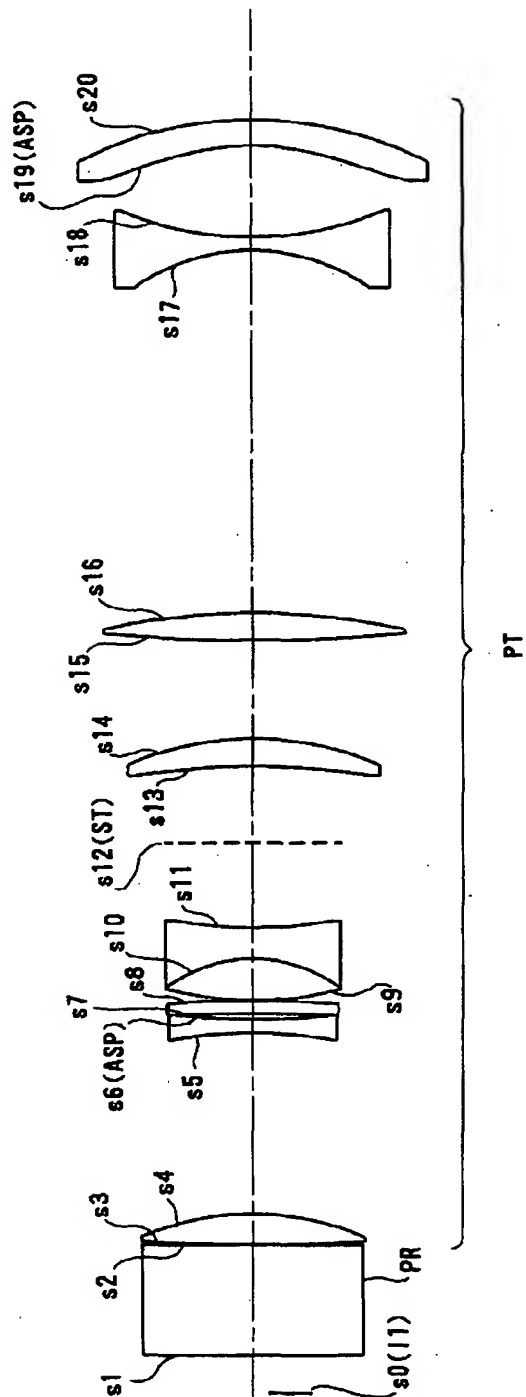
【図10】



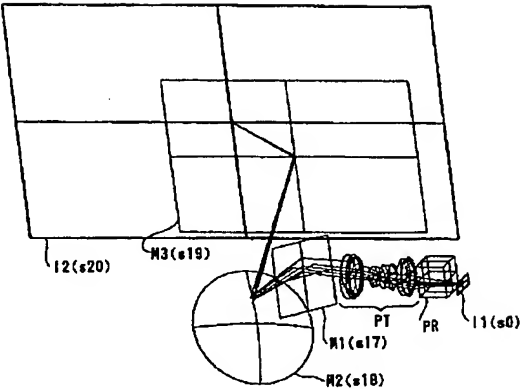
【図3】



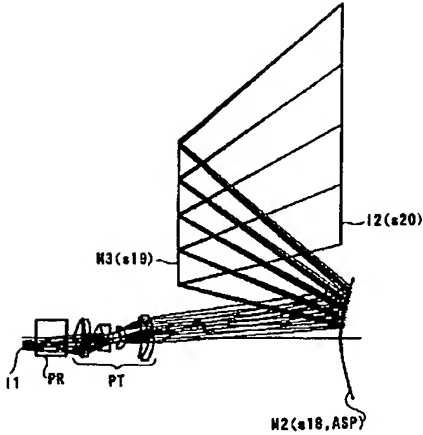
【図8】



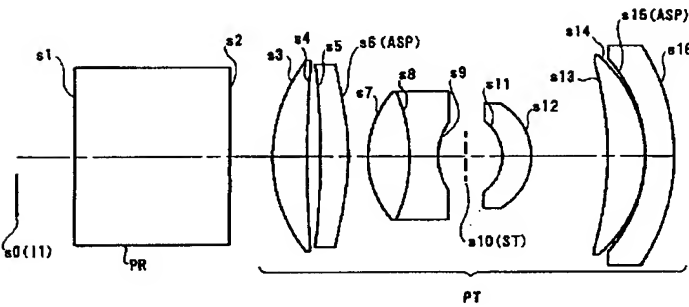
【図11】



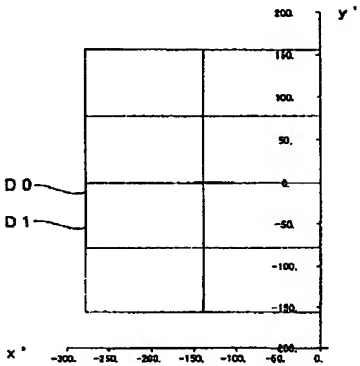
【図12】



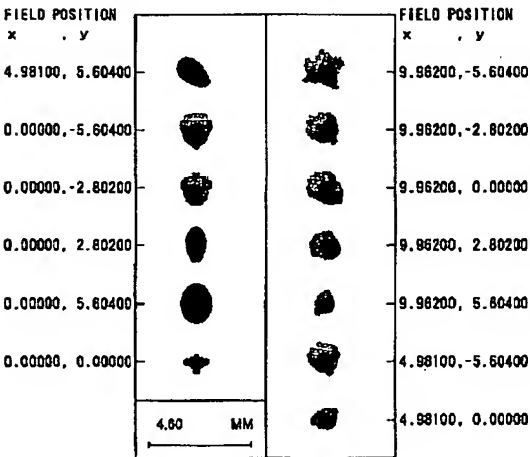
【図13】



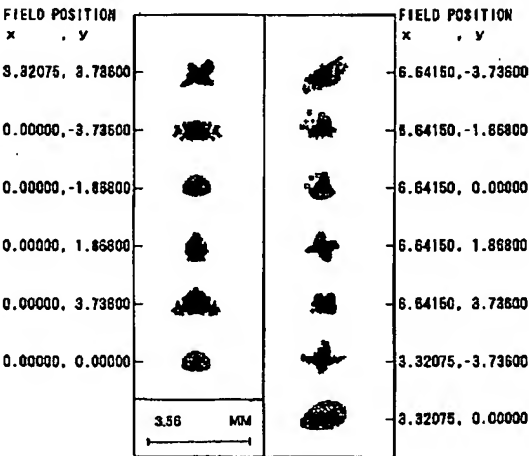
【図15】



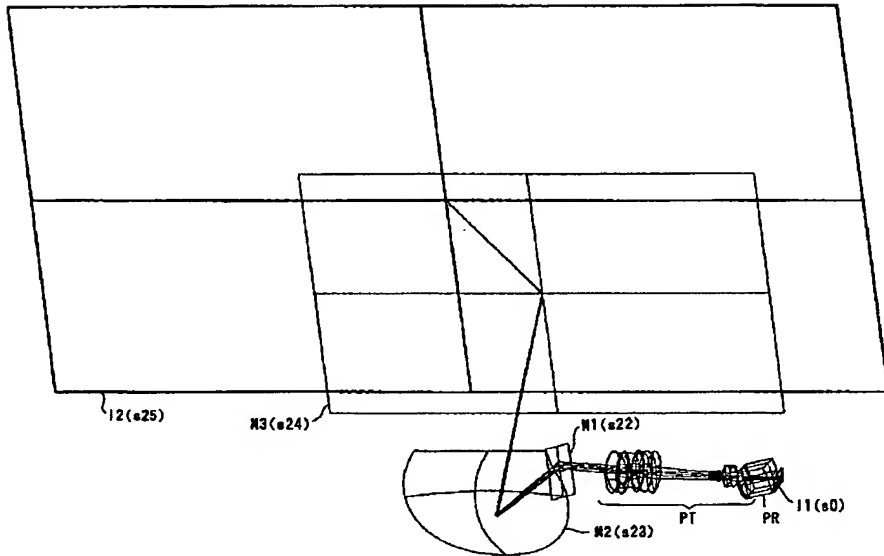
【図14】



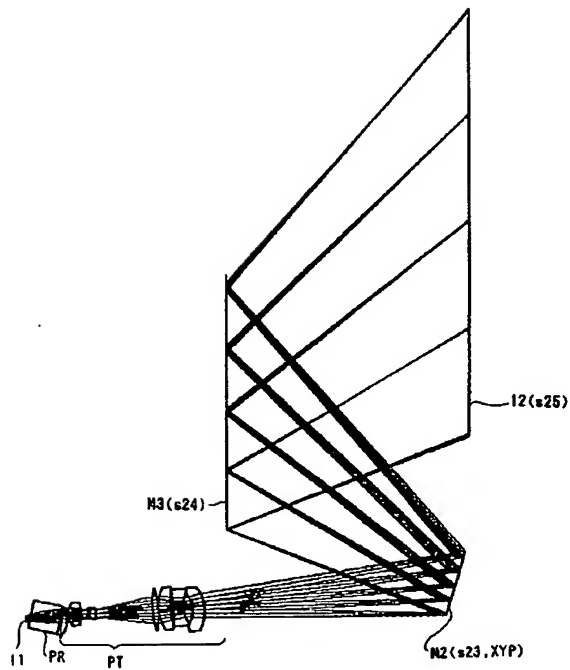
【図19】



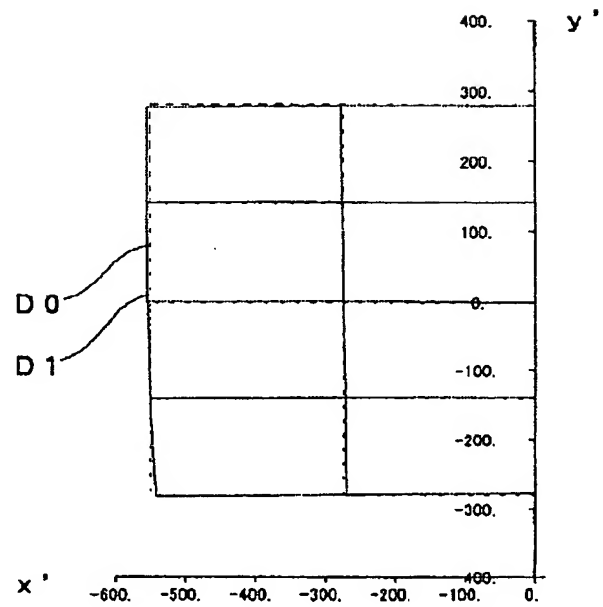
【図16】



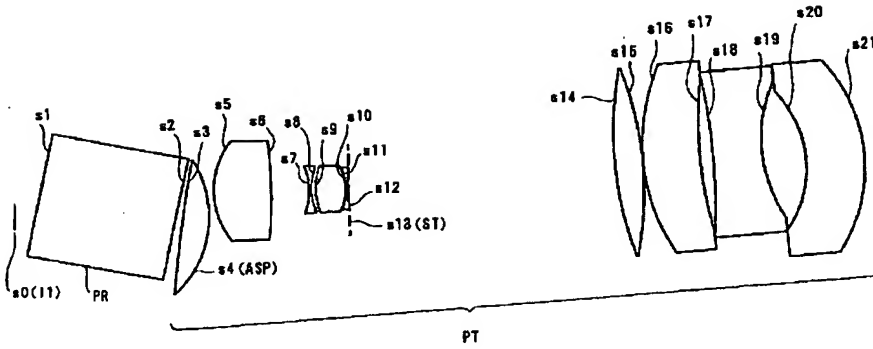
【図17】



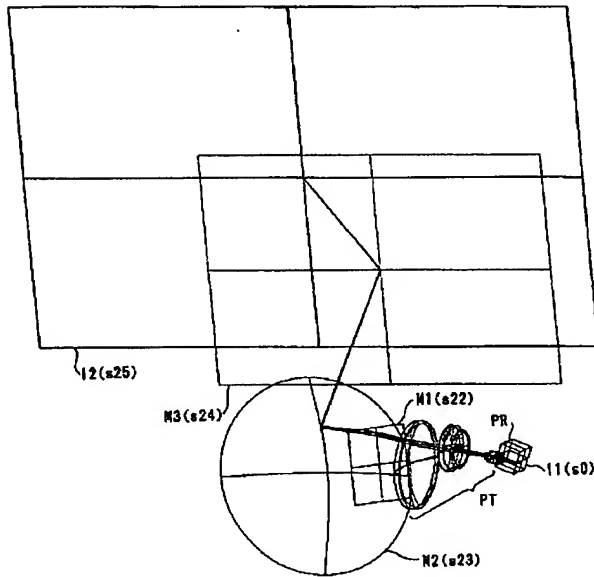
【図20】



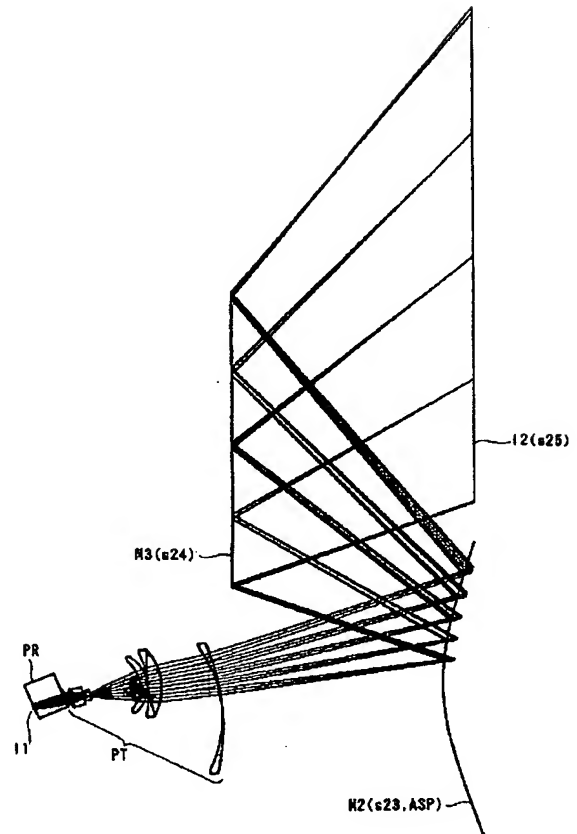
【図18】



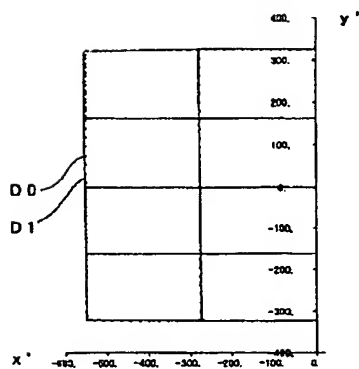
【図21】



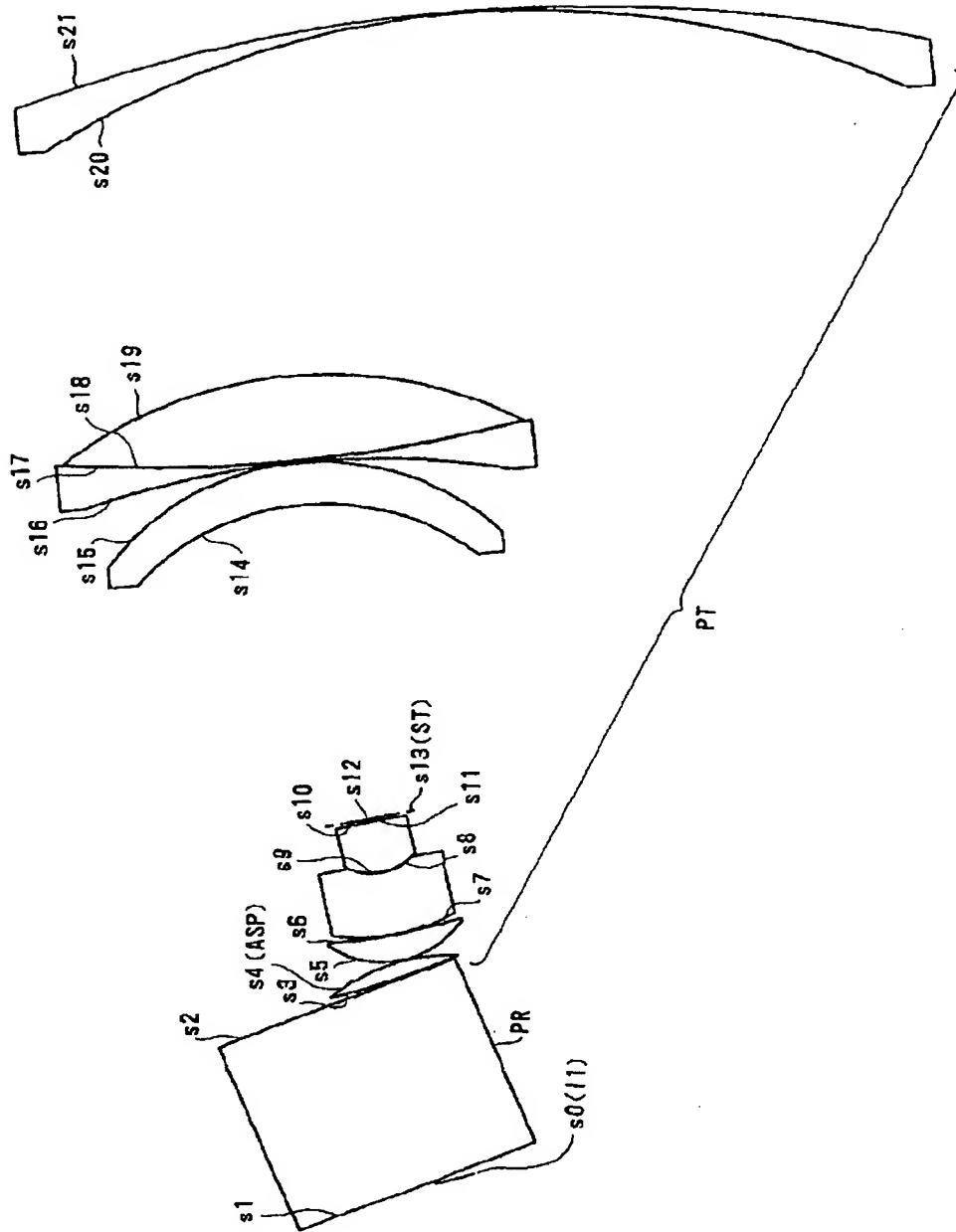
【図22】



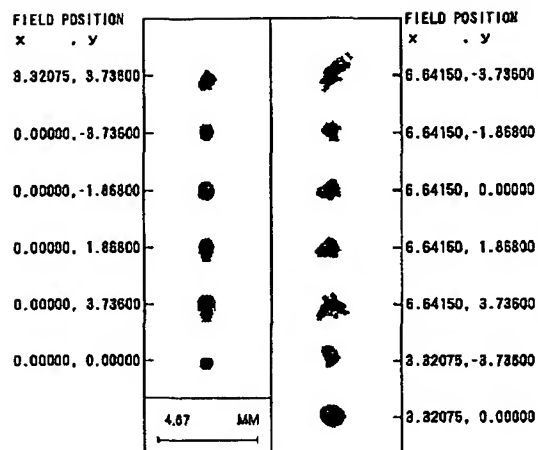
【図25】



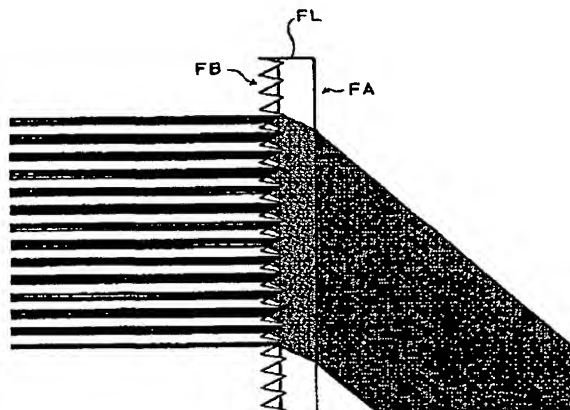
【図23】



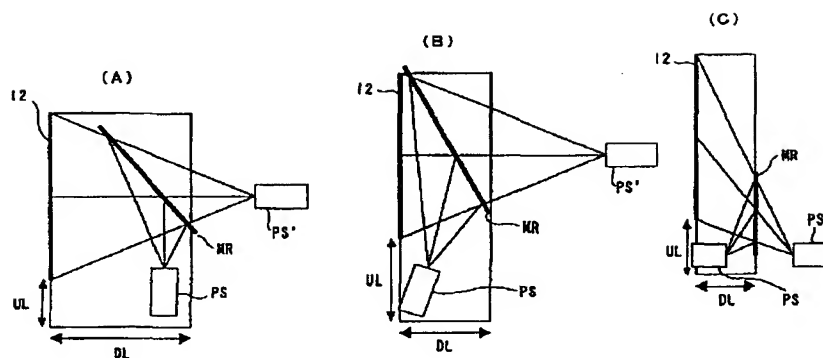
【図24】



【図26】



【図27】



フロントページの続き

(72)発明者 石原 淳
 大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
 国際ビル ミノルタ株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA06 KA07 PA06 PA08 PA09
 PA17 PA18 PB07 PB09 QA02
 QA07 QA12 QA17 QA21 QA22
 QA25 QA26 QA32 QA34 QA41
 QA42 QA45 QA46 RA05 RA06
 RA12 RA32 RA42 TA04